DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Zehnter Jahrgang. 4. August 1922. Heft 31.

Über die ersten Entwicklungsstufen des Menschen.

Von Wilh. von Möllendorff, Freiburg i. Br.

Die ersten Entwicklungsstufen des menschlichen Embryos sind uns unbekannt; ihre unmittelbare Erforschung stößt auf die größten Schwierigkeiten, vor allem, weil uns Material aus der ersten Entwicklungszeit nur gelegentlich infolge von künstlicher oder natürlicher Schwangerschaftsunterbrechung in die Hände kommt. Die Vergleichung mit entsprechenden Ausbildungsstufen bei Tieren bringt uns gerade in diesen Fragen vielfach nicht zu endgültigen Aufschlüssen; denn in den ersten Stufen ist die Entwicklung vielfach von Bedingungen abhängig, die nicht im Keime selbst liegen, sondern vom Bau und von den Vorgängen im mütterlichen Organismus weitgehend bestimmt werden. So ist anscheinend die Länge des Eileiters, der Bau der Uterushöhle von maßgebendem Einfluß auf die Art, wie sich der Keim mit der Uteruswand in Beziehung setzt, und das Ergebnis dieses Vorganges ist wieder maßgebend für die Umbildungen, die der Keim in der ersten Entwicklungszeit durchmacht. Tatsächlich gibt es in keinem Teile der Säugetierentwicklung eine so große Mannigfaltigkeit wie in der Bildung der sog. Keimhüllen, d. h. der Anhangsgebilde an die Embryonalanlage, die nur der intrauterinen Ernährung dienen. Aus diesem Grunde können wir uns zuverlässige Vorstellungen über diesen Teil der menschlichen Entwicklung nur durch Untersuchungen an entsprechenden Bildungsstufen des Menschen selbst verschaffen.

Die bisher bekannten jüngsten Stadien menschlicher Entwicklung sind durchweg schon in der Schleimhaut der Gebärmutter eingelagert. Von den vorausgehenden Schicksalen des menschlichen Eies wissen wir nichts.

Wir müssen für diese Zeit die Erfahrungen an anderen Säugern heranziehen. Hier findet bei allen genau untersuchten Formen die Vereinigung der Samen- und Eizelle in den oberen Abschnitten der Eileiter statt (*Befruchtung*). Die Voraussetzung für eine Befruchtung muß also auch beim Menschen die gleichzeitige Anwesenheit von Spermien und einer Eizelle an diesem Orte sein. Nun wissen wir, daß beim Menschen tatsächlich zu jeder Zeit im Jahre eine erfolgreiche Begattung stattfinden kann, obwohl nach allen Erfahrungen der neueren Untersucher beim menschlichen Weibe in der Regel nur alle vier Wochen eine Eizelle aus dem Eierstock in den Eileiter gelangt. Dieser Vorgang, den wir als *Ovulation* bezeichnen, ist von regelmäßigen Veränderungen in der Schleimhaut des Uterus und im Eierstock gefolgt. Im Eierstock bildet sich der sog. gelbe Körper (corpus luteum), die Uterusschleimhaut nimmt unter typischen Veränderungen in Drüsen und Bindegewebe sehr stark an Dicke zu (sog. prämenstruelle Sekretionsphase) und wird, falls keine Befruchtung der aus dem Eierstock ausgestoßenen Eizelle erfolgt, zum größten Teil im Zusammenhang mit einer stärkeren oder schwächeren Blutung abgestoßen (*Menstruation*). Nach Beendigung der Blutung wird die Schleimhaut von den übriggebliebenen basalen Teilen allseitig neu gebildet. Aus den neueren Untersuchungen (*Fraenkel*[1]), *Meyer* und *Ruge*[2]), *Schroeder*[3]) u. a.) ist es sicher geworden, daß die Ovulation in die Zeit zwischen zwei Menstruationen fällt, nicht aber zu gleicher Zeit mit der Menstruation stattfindet, wie man früher allgemein annahm. Das genauere Datum der Ovulation innerhalb der 28 Tage, die zwischen zwei Menstruationen liegen, steht noch nicht fest. *Fraenkel* nahm den 18. bis 19. Tag, *Schroeder* den 14. bis 16., *Grosser*[4]) neuerdings mit *Meyer* und *Ruge* (1913) den 6. bis 8. Tag dafür an.

Nehmen wir nun mit *Schroeder* an, daß etwa am 15. Tage nach Menstruationsbeginn eine Eizelle in den oberen Teil eines Eileiters gelangt, so müßte die Befruchtung jeweils nur zu dieser Zeit möglich sein. Tatsächlich haben aber die Untersuchungen der neueren Zeit (*Siegel*[5]), *Pryll*[6]), *Jaeger*[7]) und *Zangemeister*[8]) an zusammen über 1000 Beobachtungen ergeben, daß 30 bis 60 % aller erfolgreichen Begattungen zwischen den 6. bis 10. Tag nach Menstruationsbeginn fallen. Die große Zahl derjenigen Fälle, in denen auch Befruchtungen an ganz anderen Begattungsterminen zustandekommen, zwingt uns eine der drei folgenden Hilfsannahmen zu machen: entweder können sich die bei einer Begattung in die weiblichen Geschlechtswege hineingelangten Spermien solange lebend erhalten, bis eine Eizelle an den Befruchtungsort gelangt. Diese Annahme ist früher sehr verbreitet gewesen, wird aber heute besonders nach den Untersuchungen von *Hoehne* und

[1]) *L. Fraenkel* 1911, Zentralbl. f. Gynaekol.
[2]) *R. Meyer* u. *Ruge* 1913, Zentralbl. f. Gynaekol., *37*.
[3]) *R. Schroeder* 1914, Monatsschr. f. Gebh. u. Gyn., *39*.
[4]) *O. Grosser* 1921, A. f. Gynaekol., *110*.
[5]) *W. Siegel*, Gewollte und ungewollte Schwankungen der weiblichen Fruchtbarkeit usw., Berlin 1917.
[6]) *W. Pryll* 1916, Münch. med. Wochschr.
[7]) *F. Jaeger* 1917, Zentralbl. f. Gynaekol., *41*.
[8]) *W. Zangemeister* 1917, A. f. Gynaekol., *107*.

Behne[9]), die den Spermien eine Lebensdauer von höchstens 2 bis 3 Tagen zubilligen, größtenteils abgelehnt. Jedenfalls ist es wohl nicht glaubhaft, daß Spermien 3 bis 4 Wochen lebensfähig in der Tube verweilen können; das wäre aber notwendig, um durch diese Annahme alle Abweichungen vom Konzeptionsoptimum zu erklären. Zweitens käme in Betracht, daß die Eizellen längere Zeit am Leben bleiben können, ohne ihre Befruchtungsfähigkeit zu verlieren; auch diese Möglichkeit ist neuerdings besonders von *O. Grosser* nach den Erfahrungen bei Säugetieren abgelehnt worden.

Endlich könnte angenommen werden, daß auch außerhalb des normalen Ovulationstermines unter dem Einfluß der Begattung Ovulationen stattfinden. Diese Möglichkeit ist besonders von *Triepel*[10]) betont worden, da man sie auch bei manchen Tieren (Kaninchen, Katze) als die Regel antrifft. Nimmt man für den Menschen diese Möglichkeit als gegeben an, so sind wir durchaus nicht gezwungen, aus dem Bestehen eines Konzeptionsoptimums um den 8. Tag des Menstruationszyklus zu schließen, daß dieses Datum auch dasjenige der normalen Ovulation sei. Durch die Untersuchungen der neueren Zeit (*R. Schroeder, Ruge*[11]) ist es doch sehr wahrscheinlich gemacht worden, daß in der Regel, d. h. beim Ausbleiben einer Schwangerschaft, der 14. bis 16. Tag des Menstruationszyklus die Ovulation bringt. Nun besteht kurz nach der Menstruation nach allem, was wir wissen, bei vielen Frauen ein erhöhtes sexuelles Bedürfnis, gleichzeitig befindet sich im Ovarium ein der Reife naher Follikel, während diese beiden Momente in den übrigen Phasen des Zyklus nicht in so ausgesprochenem Maße zusammentreffen werden. Man könnte also annehmen, daß das nachgewiesene Konzeptionsmaximum in der Zeit um den 9. Tag dadurch zustandekommt, daß unter dem Einfluß des zu dieser Zeit erhöhten Geschlechtsverkehrs die Eizellen früher aus dem Eierstock befreit werden können, als dies ohne die hinzukommenden Reize eintreten würde. Wir würden mit dieser Annahme jedenfalls ein Verständnis dafür bekommen können, wieso es in der Zeit zwischen Menstruationsbeginn und Ovulationstermin (14 Tage) überhaupt zu einer Befruchtung kommen kann. Fällt die Begattung in die Zeit vom 16. Tage bis zum Eintritt der Menstruation, so muß wohl die bei der Ovulation freiwerdende Eizelle in solchen Fällen befruchtungsfähig geblieben sein. Tatsächlich nimmt ja die Befruchtungswahrscheinlichkeit gegen den Menstruationstermin hin erheblich ab. In dieser Zeit macht die weitere Ausbildung der noch im Eierstock befindlichen Eizellen (wahrscheinlich unter dem Einflusse des gelben Körpers) Halt, so daß in dieser Zeit auch intensiver Geschlechtsverkehr in der Regel nicht zu einer vorzeitigen Ovulation führen dürfte.

Die Schwierigkeiten, das Schicksal der menschlichen Frucht zu verfolgen, sind in der Zeit nach der Befruchtung nicht geringer. Bei allen Wirbeltieren schließt sich an die Befruchtung die sog. *Furchung* an, d. h. durch aufeinanderfolgende Teilungen wird die zuerst einheitliche Masse der Eizelle in kleinere Einheiten, die sog. *Blastomeren* zerlegt, ohne daß dabei der ganze Keim sich vergrößert. *Hubrecht*[12]) fand im *Semons* Material das sog. Vierzellenstadium eines Makaken; es ist dies das einzige Objekt aus dieser Entwicklungsperiode, das wir von Primaten kennen. Es genügt aber, um die Annahme zu sichern, daß in dieser Zeit das Entwicklungsgeschehen beim Menschen demjenigen bei anderen Säugern völlig analog vor sich geht. Der Keim muß in dieser Zeit eine im Vergleich zu seiner Größe (beim Menschen eine Kugel von etwa 0,3 mm Durchmesser) recht beträchtliche Strecke durchwandern, bis er durch den, beim Menschen etwa 120 mm langen Eileiter in den Uterus hineingelangt. Hierbei wird der Keim nach der Ansicht der meisten Forscher durch die Wirkung des Flimmerstromes, nach der Ansicht *Sobottas*[13]) durch Zusammenziehungen der Eileiterwand in Bewegung gehalten. Bei Tieren dauert die Wanderung meist 3 bis 3½ Tage, beim Hunde anscheinend 8 bis 10 Tage; für den Menschen ist diese Zeit unbekannt. Mit der Annahme *Grossers*, daß 10 Tage auf die Wanderung durch den Eileiter, 4 Tage auf ein freies Verweilen im Uterus zu rechnen seien, lassen sich nicht alle Objekte, von denen man den Menstruationstermin und den Tag der Begattung kennt, in Einklang bringen. Es ist fraglich, ob es möglich ist, eine bestimmte Anzahl von Tagen für diese Periode anzusetzen. Vielmehr dürften hier Ausgleichsmöglichkeiten vorliegen, wie ja auch *O. Grosser*[4]) hervorhebt.

Von besonderer Bedeutung scheint es nun für den Keim zu sein, daß er sich in dieser Zeit für die *Implantation* vorbereitet. Als Implantation bezeichnen wir die Festsetzung des Keimes im Uterus, wobei die Überleitung von Nahrungsstoffen aus der Mutter in den Keim ihren Anfang nimmt. Wir konnten uns auch über diesen Vorgang bisher nur durch die Vergleiche mit tierischem Material eine gewisse Vorstellung machen: das Ei *Sch.*, ein sehr junges Entwicklungsstadium des Menschen, das ich im vergangenen Jahr durch die Umsicht des Herrn Med.-Rat *Schoenig*-Donaueschingen zu untersuchen Gelegenheit hatte, ermöglicht uns zum ersten Male, eine ganze Reihe von wichtigen Vorgängen bei der Implantation unmittelbar beim Menschen zu erörtern. Zu seinem Verständnis war aber die Kenntnis des umfangreichen tierischen Materials erforderlich.

---

[9]) *O. Hoehne* und *K. Behne* 1914, Zentralbl. f. Gynaekol., *38*.

[10]) *H. Triepel*, Anat. Anz. *48*.

[11]) *Ruge* II, C, Arch. f. Gynaekol., *109*.

[12]) *Hubrecht* 1903 in *Selenka*, Menschenaffen, 5. Lieferung, Wiesbaden.

[13]) *J. Sobotta*, Anat. Anz. 47, 1914.

Aus der Fülle der Tatsachen, die uns über die tierische Implantation bekannt sind, hebe ich hier nur einige wesentliche Dinge hervor. Nach *Bonnet* unterscheiden wir verschiedene Typen der Einbettung (s. Fig. 1—3); die Keimblase kann das ganze Lumen des Uterus ausfüllen, wobei sich die Ernährungsorgane der Keimblase entweder allseitig gleichmäßig oder nur an bestimmten Stellen mit der Schleimhaut in Beziehung setzen. bettung des Keimes in Betracht kommt. Aus Mangel an Material war bis in die allerletzte Zeit noch nicht allseitig befriedigend bewiesen, welchem der beiden Typen, die wir unter den Nagern bei der Maus einerseits, beim Meerschweinchen andererseits am deutlichsten ausgeprägt finden, die menschliche Entwicklung folgt. Es ist das Verdienst des Grafen *Spee*[14]), seit langem die Implantationsweise des Meerschweinchenkeimes als

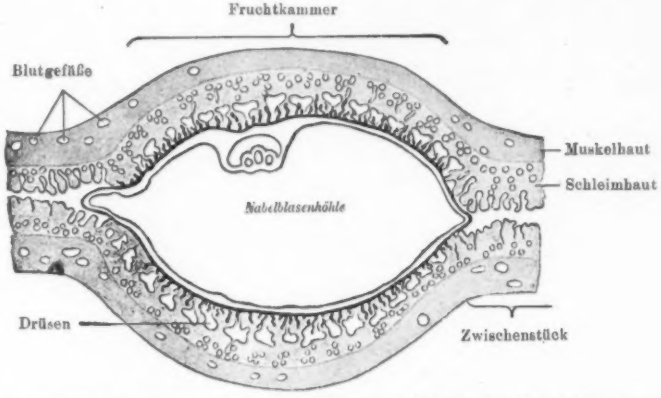


Fig. 1. Schema der zentralen Entwicklung (Hund) aus *Bonnet*, Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte.

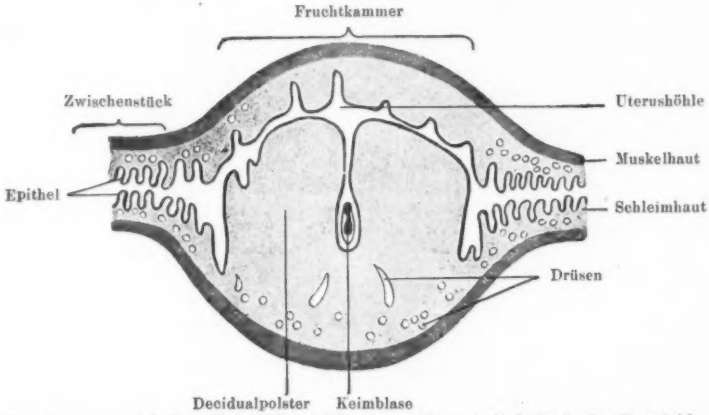


Fig. 2. Schema der exzentrischen Entwicklung (Maus) aus *Bonnet*, Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte.

Besonders die frühzeitig recht großen Keimblasen der Schweine, Wiederkäuer und Raubtiere folgen diesem Typus. Auch das Kaninchen gehört in diese Gruppe, während bei anderen Nagern die Keimblasen anfangs nur mit einem Teil der Uteruswand in Verbindung treten (exzentrische und interstitielle Implantation). Diese Formen haben für uns so großes Interesse, weil beim Menschen, wie wir seit langem wissen, zuerst auch nur ein Teil der Uterusoberfläche für die Einfür den Menschen maßgebend betont zu haben. Die Richtigkeit dieser Anschauungen ist zuletzt durch die Befunde am Ei *Sch.*, wie ich glaube, endgültig bewiesen worden. Bei den anderen Typen nämlich, denen das Mäuseei folgt, wird die Keimblase von zwei mächtigen Falten der Uterusschleimhaut umschlossen, so daß auf diese Weise eine Implantationshöhle von der Gesamtlichtung

[14]) *F. Graf Spee* 1915 in *Doederlein*, Handb. d. Geburtshilfe, dort weitere Literatur.

des Uterus abgetrennt wird; auch beim Menschen wurde früher ein derartiger Vorgang für die Einbettung angenommen, was aber heute als endgültig widerlegt gelten darf. Die menschliche Keimblase frißt sich ebenso wie die Meerschweinchenkeimblase aktiv in die Schleimhaut des Uterus ein.

Nach den Untersuchungen des Grafen *Spee*[15]) besitzt der Meerschweinchenkeim kurz vor der Implantation eine kugelige Gestalt und besteht aus einem kleinen Zellhaufen (Embryonalknoten, aus dem sich der Embryonalkörper selbst später entwickelt); der Keim ist aber an seiner Oberfläche von einem flachen Zellenblatt (Trophoblast) überkleidet; der Trophoblast läßt an einer Stelle den Embryonalknoten unbedeckt. Da die erwähnte Deckschicht bei der Implantation eine besonders aktive Rolle spielt, aber nicht die ganze

Für diesen ganzen Vorgang ist also offenbar eine bestimmte *Implantationsreife* des Keimes die Voraussetzung; diese kann erst mit der Sonderung des Keimmaterials in Embryonalknoten und Trophoblast entstehen, wodurch gleichzeitig die Gewähr gegeben ist, daß der Keim nicht schon im Eileiter in das mütterliche Gewebe eindringt. Die bedauerlichen, gar nicht so seltenen Fälle von Eileiterschwangerschaft beim Menschen sind danach so zu erklären, daß hier durch irgendein Hindernis der Keim in seiner Wanderung solange aufgehalten worden ist, daß er sich in implantationsreifem Zustande noch im Eileiter befand.

Das Ei *Sch.* gibt uns nun ein Momentbild aus dem Einbettungsvorgang, das wir nur verstehen können, wenn wir es im Rahmen des ganzen Vorganges würdigen. Das Übersichtsbild

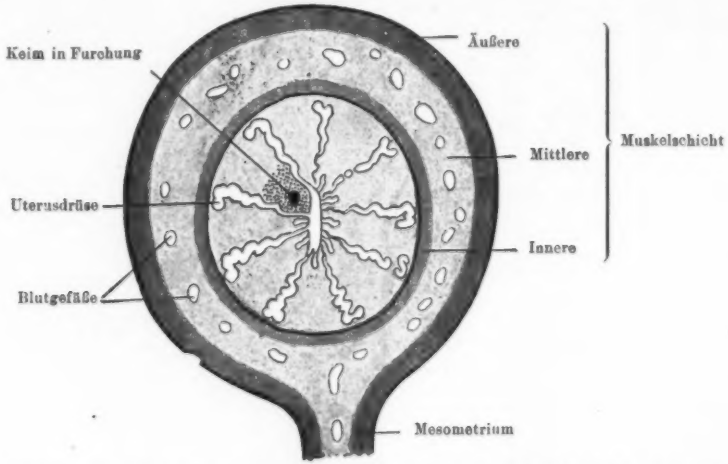


Fig. 3. Schema der interstitiellen Entwicklung (Meerschweinchen) aus *Bonnet*, Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte.

Oberfläche des Keimes überkleidet, so ist der Keim an der Oberfläche auch mit verschiedenen Eigenschaften ausgestattet. *Spee* unterscheidet den von Trophoblast bekleideten *Implantationspol* von dem trophoblastfreien *Plazentapol*. Vor dem Implantationspol schmilzt das mütterliche Gewebe bei der Implantation geradezu hinweg, wie wenn mit einer glühenden Nadel in Wachs gestochen wird. Es bildet sich zuerst ein Loch im Epithel, in das der Keim eindringt; während der Trophoblast sich nun durch Zellvermehrung ausdehnt, zerfällt in seiner Umgebung das mütterliche Bindegewebe solange, bis die Höhlung die zur Aufnahme der ganzen Keimblase erforderliche Größe bekommen hat. Erst dann rückt auch der Embryonalknoten in die Implantationshöhle nach.

[15]) *F. Graf Spee*, 1901, Zeitschr. f. Morph. und Anthrop. *3*.

(Fig. 4) ist aus Schnitten rekonstruiert, die auf der dargestellten Ansicht genau senkrecht orientiert sind. Der Keim besitzt eine etwa birnförmige zentrale Masse (Chorionmesoblast), die, hier noch ohne größere Hohlräume, erst später unter Verflüssigung und Vergrößerung des Inhaltes zur sog. Chorionhöhle wird. Bei unserem Objekt besteht dieser Bezirk aus einem faserigen, zellarmen Gewebe. Von dieser Masse erstreckt sich in allen Richtungen ein dicker, durch zahlreiche Höhlen zerklüfteter Wall, der aus saftigen, voneinander gut abgrenzbaren Zellen besteht; dieser Wall ist der Trophoblast, der hier in einer, beim Menschen bisher nicht beobachteten Massigkeit vorhanden ist. Die Ausläufer des Trophoblastes erstrecken sich überall bis an die Grenze des mütterlichen Gewebes, das mit einem in der Zeichnung dunkel dargestellten Saum gegen den von der Keimblase eingenommenen

Hohlraum abgegrenzt ist. Die eigenartige Birnform der zentralen Fasermasse erklärt sich aus der Anordnung des ganzen Eies; das schmale Ende der Birne ist nämlich nach der Oberfläche gerichtet und reicht hier bis über die Grenze der Implantationshöhle hinaus; dieses Ende ist nicht mit Trophoblast überkleidet, sondern mit eigenartigen, leider sehr stark zersetzten Zellen, deren Gesamtheit nach genauer Rekonstruktion von mir[16]) als Embryonalknoten gedeutet wurde. Dieser liegt also noch nahe der Uterusoberfläche, am Grunde einer mit mütterlichen Zelltrümmern angefüllten kraterförmigen Einsenkung (Implantationskrater). Meine Deutung des ganzen Objektes fasse ich in folgendem kurz zusammen. Der Keim ist noch nicht fertig implantiert; er ist mit dem Implantationspol voran, erst durch das Epithel, dann in das Bindegewebe der Uterusschleimhaut eingedrungen, wobei der nicht von Trophoblast überkleidete Embryonalknoten dem durch fermentative Wirkungen das mütterliche Gewebe auflösenden Implantationspol nachfolgt. Der Trophoblast hat sich nun enorm entwickelt und seine erste Aufgabe, eine Höhlung zu schaffen, fast vollendet. Sobald genügend mütterliches Gewebe aufgelöst ist, wird der vorläufig noch in geschützter Lage befindliche Embryonalknoten in die Höhlung hineingezogen werden, wobei sich die jetzt noch birnförmig gestreckte Keimblase abrunden wird.

Ich will nicht versäumen zu betonen, daß diese Erklärung nicht als endgültig zu betrachten ist, da das Material durch Fehlgeburt gewonnen ist; wir wissen in solchen Fällen nie sicher, in welchem Umfange die auch an unserem Objekte erkennbaren Absterbeerscheinungen das normale Bild verändert haben. Mögen aber auch manche Einzelheiten der von mir an anderer Stelle ausführlich gegebenen Deutung unrichtig sein, es gibt einige Gründe, die uns das Objekt als im wesentlichen normal erscheinen lassen. Einmal illustriert es den Vorgang der Implantation zum ersten Mal im einzelnen und zeigt ihn so, wie wir ihn uns im wesentlichen vorher vorgestellt haben; zweitens rückt das Objekt durch seine Vorgeschichte an die Stelle des jüngsten der bisher beschriebenen menschlichen Keime.

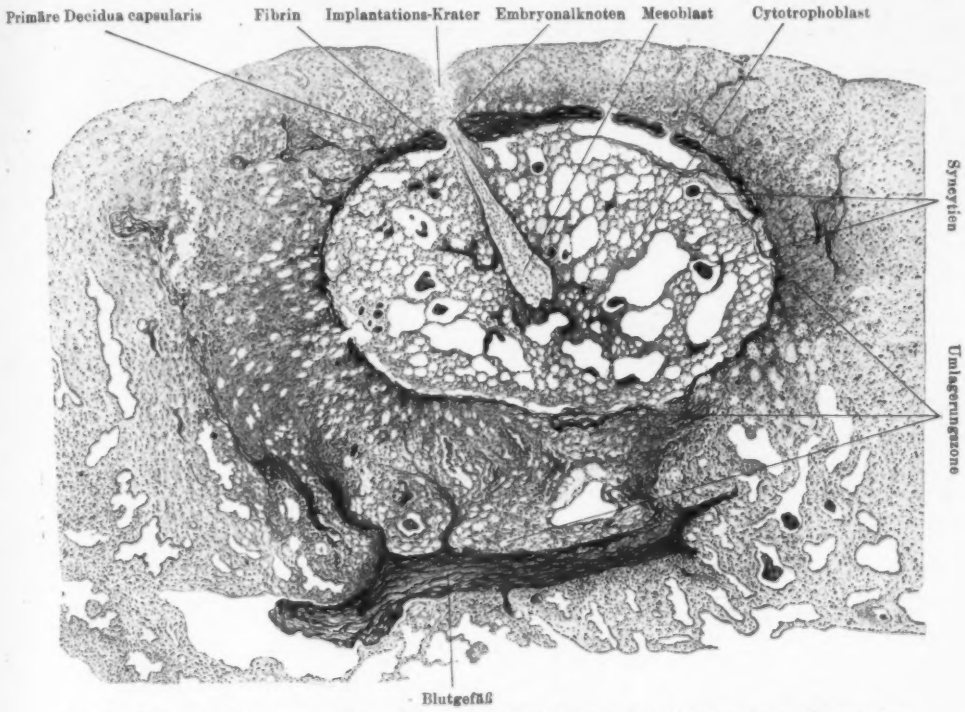


Fig. 4. Rekonstruktion des Ei *Sch.*, quer zur Schnittrichtung bei 50facher Vergrößerung (aus *W. v. Möllendorff*, Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte Bd. *62*, S. 356).

Es wurde 13—14 Tage nach der Begattung, 34 Tage nach Beginn der letzten Menstruation ausgestoßen. Da man etwa 24 Stunden bis zur erfolgten Befruchtung,

[16]) S. d. genaue Darstellung in Zeitschr. f. Anat. u. Entw.-Gesch., *62*, 352—405.

24 Stunden auf Rechnung der Vorbereitung zur Fehlgeburt rechnen kann, so würde der Keim ein wahres Alter von 11 bis 12 Tagen besitzen. Nach der gleichen Berechnung ist das bisher als jüngstes geltende Objekt von *Bryce-Teacher*[17]) 13 bis 14 Tage alt.

Als dritten Grund, das Ei *Sch.* für normal zu halten, führe ich seine Größe an, die ebenfalls bedeutend geringer ist, als diejenige aller sonst bekannten menschlichen Objekte. Immerhin wird es gut sein, weiter auf Zufälle zu hoffen, die uns solche junge Stadien bescheren mögen, ehe man die Befunde am Ei *Sch.* für endgültig ansieht.

Besonders hinweisen möchte ich noch auf einige Punkte; der Keim muß zur Zeit des Implantationsbeginnes nicht viel größer gewesen sein als die befruchtete Eizelle. Man kann das aus der geringen Größe der Öffnung schließen, die am Grunde des Implantationskraters beim Ei *Sch.* noch von Embryonalknoten ausgefüllt wird. Beim Ei von *Bryce-Teacher* ist diese Stelle auch noch zu erkennen, dort aber schon geschlossen, durch einen kleinen Pfropf, der sich aus den mütterlichen Gewebstrümmern gebildet hat. Der auffallende Unterschied, der sich beim Vergleich mit anderen, älteren Objekten in der Beschaffenheit des Abschlusses gegen die Uterushöhle ergibt, ist auf die weitgehenden Umwandlungen zurückzuführen, die gerade in diesem Gebiete der mütterlichen Schleimhaut stattfinden. Ich habe diese Umwandlungen ebenfalls zu erklären versucht[18]).

Der Zustand der mütterlichen Schleimhaut gleicht bei dem wertvollen Objekte auffallend dem Befunde bei dem erwähnten Ei von *Bryce-Teacher* und ist in beiden Fällen durch die außerordentlich starken sogenannten prämenstruellen Veränderungen charakterisiert.

Im späteren Verlaufe der Schwangerschaft findet man im Bindegewebe der Uterusschleimhaut stets die sog. Deziduazellen, d. h. durch Aufnahme von Glykogen und anderen Nährsubstanzen sehr groß gewordene Bindegewebszellen. Solche Zellen sind nun bei den meisten jungen menschlichen Schwangerschaftsstadien aus dem ersten Monate der Schwangerschaft erst im ersten Entstehen begriffen, während diese Zellen sowohl beim Ei von *Bryce-Teacher* wie beim Ei *Sch.* sehr stark entwickelt sind. Solche Zellen bilden sich nun aber im Verlaufe jedes Menstruationszyklus gegen Ende der Sekretionsphase, d. h. kurz vor Beginn der Menstruation, aus. Es ist daher nicht berechtigt, aus dem Vorhandensein der Deziduazellen etwa den Schluß zu ziehen, daß die beiden genannten Objekte tatsächlich viel älter seien, nur durch die zur Schwangerschaftsunterbrechung führenden Umstände in die vorliegende Größe und Gestalt umgewandelt seien.

Vielmehr mahnen die hier stark ausgeprägten prämenstruellen Veränderungen an die Vorgeschichte des Eies zu denken und geben vielleicht ein Verständnis dafür, warum es in diesen Fällen zur Unterbrechung der Schwangerschaft kam. Das Ei *Sch.* wurde erst 6 Tage vor der erwarteten Menstruation befruchtet, also erst zu einer Zeit, wo die prämenstruellen Umwandlungen der Uterusschleimhaut schon in vollem Gange waren; es spricht nun sehr vieles dafür, daß durch die Befruchtung die Umwandlungen in der Uterusschleimhaut verlangsamt werden — auf welchem Wege, das wissen wir allerdings nicht. Auch beim Ei *Sch.* wird sich dieser Einfluß geltend gemacht haben, nur reichte seine Stärke offenbar nicht aus, um definitiv die menstruelle Abstoßung der Schleimhaut zu verhindern. Ganz ähnliche Umstände mögen die Abstoßung des Eies von *Bryce-Teacher* bewirkt haben, wie *Grosser* auch vermutet hat. Es wäre also denkbar, daß die starken prämenstruellen Schleimhautveränderungen, die sich in beiden Objekten vorfinden, mit dieser späten Implantation zusammenhängen. Man kann wohl annehmen, daß eine ganze Reihe von jungen Keimen auf diese Weise zugrunde gehen, ohne daß die Mütter diesen Vorgang bemerken oder auch nur die Möglichkeit in Betracht ziehen, daß sie schwanger sind. Ich stimme auch darin *Grosser* bei, daß etwa der 20. bis 25. Tag des Menstruationszyklus die günstigsten Verhältnisse darbietet, damit eine regelrechte Implantation des Keimes stattfinden kann; damit würde sich auch die oben erörterte Tatsache erklären, daß die Begattungen in der ersten Hälfte des Menstruationszyklus häufiger zu einer ungestört verlaufenden Schwangerschaft führen als Begattungen, die in dem Abschnitte kurz vor der Menstruation stattfinden.

Endlich hat uns das Ei *Sch.* gezeigt, daß im Verlaufe der ersten Stadien der Implantation auch beim Menschen ein intensiver Gewebszerfall stattfindet, der sich wahrscheinlich nicht nur auf das mütterliche Gewebe, sondern auch auf erhebliche Massen des Trophoblastes erstreckt. Wo bleiben die Stoffe, die beim Zerfall dieser Gewebsmassen frei werden? Diese Stoffe können nur einen Weg verfolgen, nämlich in die mütterlichen Gewebssäfte und in das mütterliche Blut eindringen. So wird das Blut der Mutter gerade in der Zeit der Implantation und in den anschließenden Perioden, bis der Ausbau der Plazenta fertiggestellt ist, fortdauernd von solchen Zerfallstoffen überschwemmt. Es wäre denkbar, daß die gerade im Beginne der Schwangerschaft auftretenden Vergiftungserscheinungen (Erbrechen, Schwindelgefühl u. a.) das Ergebnis der Einwirkung solcher Stoffe auf das Gehirn der Mutter darstellen. In der zweiten Hälfte der Schwangerschaft, wo die Schwangerschaftsbeschwerden erheblich geringer zu sein pflegen, ist auch die Zerstörungskraft des Trophoblastes

[17]) *Bryce, Th. H.*, and *Teacher, J. H.* 1909, An early ovum imbedded in the decidua, Glasgow.

[18]) *W. von Möllendorff* 1921, Zeitschr. f. Anat. u. Entw.-Gesch. 62, 506—532.

fast erloschen, der Nahrungsaustausch zwischen Mutter und Kind ist geregelt.

Eine Reihe weiterer wichtiger Fragen, zu denen die Befunde am Ei *Sch.* Stellung zu nehmen aufforderten, führen zu weit in das spezielle Untersuchungsgebiet der Embryologie hinein, als daß sie an dieser Stelle erörtert werden könnten. War es möglich, eine Reihe bisher strittiger Probleme an diesem Objekte zu lösen, so sind durch seine Kenntnis neue Fragen entstanden. Auch hier wird die Zeit durch die Zusammenarbeit der Ärzte und der Embryologen allmählich die Lücken ausfüllen, die heute noch eine vollständige Übersicht über die menschliche Primitiventwicklung unmöglich machen.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1921[1].

A. Arbeiten der Abteilung I (Optik u. Strahlung).

1. Stille Entladung in Siemensröhren.

Die Ströme, die durch sinusförmige Wechselspannungen von der Frequenz 50 in Siemensröhren (Ozonröhren) hervorgebracht werden, wurden an Röhren, die mit Sauerstoff und Wasserstoff gefüllt waren, oszillographisch aufgenommen, der Effektivwert der Ströme bei Frequenzen von 50 bis 500 gemessen und als lineare Funktion der Effektivspannung dargestellt. Ferner wurde die Jodwasserstoffbildung durch stille Entladung im Siemensrohr studiert, indem ein Wasserstoffstrom über eine Jodvorlage in die Röhre geleitet wurde.

2. Bestimmung der Konstanten des Stefan-Boltzmannschen Strahlungsgesetzes.

Es sind Versuche im Gange, um die Strahlungskonstante σ bei 1063° Strahlertemperatur gleichzeitig nach der Kurlbaumschen und der Paschen-Gerlachschen Methode zu messen. Hierdurch hofft man die erheblichen Differenzen zwischen den Werten von *Kurlbaum-Valentiner* und von *Gerlach* aufzuklären. Vorversuche zeigten, daß die Art des das Bolometer umgebenden Gases (Luft, Wasserstoff von Atmosphärendruck, Vakuum von 0,5 mm Hg) die Meßergebnisse um höchstens 1,5 % beeinflußt und daß auch die Kurlbaumsche „Methode des ersten Ausschlages" keine wesentlichen Fehler bedingt.

3. Lichteinheit und neuer Vakuumofen.

Die Vorarbeiten für die Darstellung einer neuen Lichteinheit durch die Hohlraumstrahlung bei bestimmter Normaltemperatur wurden in Angriff genommen. *Warburg* hatte ursprünglich als Ausgangstemperatur für die lichtelektrische Messung 1700° abs., als Wellenlänge $\lambda = 0{,}656\ \mu$ vorgeschlagen. Bei höherer Ausgangstemperatur und kleinerer Wellenlänge scheinen die Aussichten der Methode günstiger zu sein.

Der für die Darstellung der Lichteinheit erforderliche große Kohlevakuumstrahler ist mit Mitteln der *Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft* von der *Osramfabrik A* gebaut und ausgeprobt worden. Damit die gekühlte zylindrische Buchse, die den hohen Strom dem Kohleheizrohr zuführt, der Wärmeausdehnung des Rohres nachgeben kann und doch mit diesem auf breiter Fläche sicheren Kontakt hat, wurde sie in das durch Längsschlitze radial federnde Rohrende eingeschoben und durch federnde Ringe angepreßt. Das Rohrende wird dabei nicht auf Biegung, sondern nur auf Zug und Druck beansprucht, die Stromzuführung sicher gekühlt und nicht, wie biegsame Kabelanschlüsse im Vakuum, vom Heizrohr zum Glühen gebracht.

4. Spektraluntersuchungen.

Die Intensität der einzelnen Komponenten der Balmerserie des Wasserstoffspektrums wurde nach dem Verfahren der Interferenzspektroskopie gemessen. Als Träger der Balmerserie ergaben sich H-Atome. Um eine Erklärung für das Leuchten dieser Atome zu finden, wurden Strukturbilder der Balmerlinien bei der Temperatur der flüssigen Luft aufgenommen, wobei die einzelnen Komponenten viel schärfer erscheinen.

Zur Untersuchung des Viellinienspektrums des Wasserstoffes wurde durch einen Kunstgriff eine besonders lichtstarke Röhre hergestellt. Nach der Methode der Interferenzpunkte untersuchte Isotopen des Quecksilbers haben bisher keine Unterschiede ihrer Linienstruktur gezeigt.

5. Das Verhältnis der Ladung zur Masse des Elektrons.

Bei der Erzeugung von Kathodenstrahlen durch primäre Röntgenstrahlen treten große technische Schwierigkeiten auf. Die von *Straubel* vorgeschlagene Erhitzung einer Wehneltkathode oder blanken Platins im Brennpunkt eines Spiegels durch die Strahlung eines Scheinwerfers mit Beck-Kohlenlampe erwies sich als bequemer und meßtechnisch brauchbar. Man erhält vom Vakuum unabhängige, nur durch die Temperatur bestimmte Elektronenstrahlen, und es entfällt auch die übliche Korrektion für elektrische Heizung der Wehneltkathode.

6. Radioaktive Messungen.

Die Zerfallskonstante der Radiumemanation wurde ähnlich wie früher von *Rutherford* durch Kombination der Gammastrahlenmethode mit der Emanationsmethode neu bestimmt. Die Halbwertszeit der Radiumemanation beträgt hiernach auf etwa 1 ‰ genau 3,81 Tage, weicht also um etwa 1 % von dem bisher angenommenen Wert nach *Rutherford-Curie* ab.

Die Präzisionsmessung der Reichweiten aller bekannten α-Strahler wurde zum Abschluß ge-

[1]) Auszug aus dem in Zeitschr. f. Instrumentenkunde 42, S. 65—82, 97—114 und 129—147 (1922) abgedruckten Tätigkeitsbericht.

bracht. Gewisse Abweichungen von der Geiger-Nuttalschen Beziehung zwischen Reichweite und Lebensdauer wurden einwandfrei festgestellt. Das durch α-Teilchen erregte Leuchten von Kristallen wurde mikroskopisch bei 400facher Vergrößerung untersucht. Zur Messung sehr kleiner β-Strahlung in einem sehr kleinen Raum wurde ein photographisches Verfahren ausgebildet. Hiermit wurde die Zerstreuung von β-Strahlen in dünnen Metallfolien gemessen.

Auf einer vom *Sächsischen Bergamt* einberufenen Radiologentagung zur Vereinheitlichung der Messung der Radioaktivität von Quellen wurde die Reichsanstalt veranlaßt, Radiumnormallösungen von der Größenordnung 10^{-9} g herzustellen und auszugeben, die als Standardlösungen für die genannten Messungen dienen sollen.

7. Zuckerrefraktometer.

H. Krüß hat in einer Veröffentlichung nachzuweisen gesucht, daß das von der Reichsanstalt im Jahre 1911 berechnete, von der Firma Carl Zeiß in Jena gebaute und inzwischen in der ganzen Welt verbreitete Zuckerrefraktometer zur Ermittlung der Trockensubstanz von Zuckerfabrikaten auf falscher Grundlage beruhe und falsche Resultate gebe. Zur Prüfung seiner Einwände wurden Dispersionsmessungen von Zuckerlösungen mit dem großen Heeleschen Spektrometer ausgeführt, die weitere Unterlagen für eine eingehende und genaue Theorie des Refraktometers ergaben und zu dem Schlußergebnis führten, daß das Zuckerrefraktometer gänzlich einwandfrei berechnet und konstruiert ist und richtige Werte liefert.

8. Lichtbrechung von Quarz.

Von dem früher benutzten, optisch ausgezeichnet reinen Quarzprisma ist für das unsichtbare Spektrum bis 2,9 μ eine Reihe ultraroter Linien mit Beobachtungsfehlern von Bruchteilen einer Bogensekunde gemessen worden. Um diese Genauigkeit sichern zu können, müssen jedoch noch die Fehler der Meßschraube des verwendeten Spiegelspektrometers besonders bestimmt werden.

9. Sphärometrische Untersuchungen.

Das Sphärometer liefert infolge der Unvollkommenheit der Schneiden an den Sphärometerringen für Konkavflächen etwas andere Werte als für Konvexflächen derselben Krümmung. Die daher an den Angaben der Sphärometer der Reichsanstalt erforderlichen Korrekturen wurden mit Hilfe von vier Gläserpaaren, deren jedes aus einer konvexen und einer konkaven Fläche von genau gleicher Krümmung besteht, für die Krümmungsradien 300, 100, 50 und 30 mm ermittelt. Ein besonderer Apparat zur genauen Messung der Krümmung von Kugelhohlflächen bis zu 750 mm Radius ist im Bau.

10. Fernrohruntersuchungen.

Zur Prüfung von Prismengläsern auf ihre optische Leistungsfähigkeit wurde eine photographische Methode angewendet, indem das vom Prismenglas an verschiedenen Stellen des Bildfeldes erzeugte Bild eines geeigneten Prüfobjektes mit einem guten Anastigmaten photographiert wurde. Je nach der Art des Prüfobjektes erhält man Aufschluß über die Verschlechterung der Abbildung nach dem Rand des Gesichtsfeldes (was an 28 Prismenglaspaaren erprobt wurde) oder über die astigmatische Korrektion des Glases.

11. Prüfungstätigkeit der Abteilung I.

Im Berichtsjahr wurden 130 stark radioaktive Präparate mit einem Gesamtgehalt von 1339 g Radiumelement und 20 schwach aktive Substanzen geprüft. Verlorengegangene Radiumpräparate zweier Krankenhäuser wurden mit einem besonderen Elektrometer gesucht und gefunden.

483 Lampen, Kohlenstifte, Flammen, Reflektoren, Leuchtmassen wurden photometrisch geprüft, darunter 36 Metallfadenlampen für Steuerbehörden. Die Flächenhelle einer radioaktiven Leuchtmasse war $3{,}5 \cdot 10^{-6}$ HK/cm², der kleinste bisher von der Reichsanstalt bei Prüfungen gemessene Wert.

Von 42 Gläsern und optischen Geräten wurde der Lichtverlust durch Reflexion und Absorption, von 26 das Brechungsvermögen und die Krümmung bestimmt; 5 Saccharimeter-Quarzplatten wurden auf ihre Güte untersucht.

B. Arbeiten der Abteilung II (Elektrizität und Magnetismus).

1. Untersuchung von Permutit.

Die Versuche an Permutit ergaben, daß das Kristallwasser die Beweglichkeit der Kationen des Permutits nur wenig, die Basengleichgewichte nicht merklich beeinflußt. Ferner wurde die Abhängigkeit der letzteren von der Konzentration der umgebenden Lösung und die Selbstkomplexbildung in wässerigen Kupfersalzlösungen untersucht.

2. Elektrolytische Ventilwirkung.

Die elektrostatische Kapazität der bei der Formierung des Tantals sich bildenden äußerst dünnen wirksamen Schicht wurde bis herab zur Spannung 0 und weiter bis zur negativen Spannung — 2 Volt gemessen. Bei einem Versuch, auf Aluminium durch Formierung bis zu besonders hoher Spannung gut schützende Deckschichten zu erzeugen, wurde eine abnorm große Gasentwicklung am Aluminium beobachtet. Die Bildung von mehr Gas, als elektrochemisch zu erwarten war, wurde durch Variation der Versuchsbedingungen weiter studiert; eine plausible Erklärung dafür wurde gefunden.

Wenn die Ventilwirkung darauf beruht, daß das Ventilmetall als Kathode die Elektronen schon bei einer viel geringeren Spannung abgibt, als in der entgegengesetzten Richtung, weil der Elektrolyt keine freien Elektronen enthält, so muß die Ventilwirkung selbst bei den höchsten Frequenzen

noch vorhanden sein. Der Nachweis wird durch die große elektrostatische Kapazität der elektrolytischen Ventile und die Mindestspannung in der durchlässigen Richtung immer mehr erschwert und schließlich unmöglich gemacht. Nun zeigt aber Aluminium in geschmolzenem KNO_3 bei guter Ventilwirkung nur $^1/_{10}$ der Kapazität und $^1/_5$ der Mindestspannung wässeriger Lösungen; außerdem kann man mit größeren Stromdichten arbeiten. Versuche ergaben noch bei der Frequenz $0{,}3 \cdot 10^6$ eine gut ausgeprägte Ventilwirkung.

3. *Metallkristalle.*

Bleikristalle wurden aus wässerigen Lösungen von Bleisalzen bei hoher gleichmäßiger Stromdichte elektrolytisch gewonnen. Das Blei scheidet sich in drei Kristallrichtungen verschieden schnell ab. In gesättigter Bleinitratlösung war die maximale Bleiabscheidungsgeschwindigkeit in der günstigsten Richtung 2,1 mm/s. Die Rechnung ergibt, daß dabei ein elektrolytisch leitendes zweiwertiges Blei-Ion in $1{,}5 \cdot 10^{-7}$ Sekunden in ein metallisch leitendes festes Bleiatom verwandelt wird. Die Stromdichte in der Achse der mit dieser Geschwindigkeit wachsenden Kristalle beträgt 224 000 A/dm².

4. *Dielektrische Festigkeit.*

Auf Wunsch und mit Mitteln des *Zentralverbandes der Deutschen elektrotechnischen Industrie* sind Versuche über die Abhängigkeit der dielektrischen Festigkeit von Nichtleitern von ihrer chemischen und physikalischen Beschaffenheit in Angriff genommen worden.

5. *Schallgeschwindigkeit in Gasen.*

Die Versuche nach der Thiesenschen Methode wurden fortgesetzt. Die Versuchsanordnung wurde zunächst mit trockner, kohlensäurefreier Luft und mit Wasserstoff bei 0° und 760 mm Hg erprobt. Als Schallgeschwindigkeiten erhielten die Beobachter 331,57 und 1260,6 m/s, als Verhältnis c_p/c_v der spezifischen Wärmen 1,403$_4$ und 1,408. Mit einem ganz aus Glas geblasenen Schallrohr, das mit 0,01 bis 0,02 mm dicken Glimmermembranen abgeschlossen wurde, gelang es, die Schallgeschwindigkeit von Stickstofftetroxyd (N_2O_4) bei 760 mm Hg für Schwingungszahlen zwischen 275 und 6000 zu messen. Sie war in diesem Bereich völlig konstant, nämlich 183,9 m/s bei 25° und 193,8 m/s bei 35°. Diese Werte entsprechen auf etwa 1 % genau einer Formel von *Einstein*, die unter der Voraussetzung aufgestellt ist, daß das Dissoziationsgleichgewicht den Verdichtungen und Verdünnungen des Schalles vollkommen folgt, was also bis zu Schwingungszahlen von 6000 offenbar noch der Fall ist.

6. *Normalelemente.*

Die elektromotorischen Kräfte des Elementenstammes der Reichsanstalt sind nun mit Hilfe des Silbervoltameters nachgeprüft worden. Die mittlere Spannung des Stammes hat sich seit 1910 um wenige Hunderttausendstel geändert.

Das Zustandsdiagramm der 8 bis 15 % Kadmium enthaltenden Amalgame für Normalelemente wurde nachgeprüft. Das Diagramm von *Bijl* bedarf hiernach einer Abänderung.

7. *Untersuchung verschiedener Gemische von Quecksilberisotopen.*

Die Reproduktion der Quecksilberwiderstandseinheit (Ohmrohre) hängt von der Dichte und der Leitfähigkeit des Quecksilbers ab. Nun ist es *Brönsted* und *v. Hevesy* gelungen, Quecksilbergemische herzustellen, deren Dichte sich bis etwa 0,5 ‰ unterscheidet. Herr *v. Hevesy* hat der Reichsanstalt zwei Proben (etwa je 1 ccm) zur Verfügung gestellt, deren Dichte um 0,3 ‰ verschieden war. Die Leitfähigkeit dieser Gemische war auf wenige Milliontel genau die gleiche wie die von normalem Quecksilber. Ob etwa Quecksilber verschiedener Dichte im Handel ist, soll noch untersucht werden.

Unterschiede im Schmelzpunkt hoffte man durch Leitfähigkeitsmessungen zu finden. Es konnte jedoch beim Schmelzpunkt des Quecksilbers überhaupt keine sprunghafte Änderung des Leitvermögens festgestellt werden, was von anderer Seite auch bei Zink und Zinn schon beobachtet sein soll.

8. *Kapazitätsnormale.*

Die Normalluftkondensatoren größerer Kapazität der Anstalt wurden neuerdings in zwei parallel schaltbaren Gruppen zu je 0,1 μF (0,01 + 0,01 + 0,03 + 0,05 μF) auf einem kleinen Wagen montiert; die Schaltvorrichtung enthält nur wenige und kleine Quarzisolatoren, so daß ihre Kapazität verlustfrei ist. Die fortlaufende Kontrolle aller Kondensatoren ist durch die neue Einrichtung sehr erleichtert.

9. *Wellenlänge elektrischer Schwingungen.*

Um die neue Wellenlängenskala mit der angestrebten Genauigkeit festlegen zu können, mußte neuerdings auch die Eigenkapazität der Selbstinduktionsspulen des Normalwellenmessers durch eine diese umschließende leitende Hülle eindeutig definiert werden. In der neuen Anordnung ist der Schwingungskreis durch äußere elektrische Felder völlig unbeeinflußbar. Die Erregung erfolgt durch rein magnetische Koppelung mit dem Sender. Für sehr lange Wellen erwies sich die Brückenresonanzmethode von *Grüneisen* und *Giebe* zur Einstellung des Schwingungskreises auf Resonanz mit der Senderwelle als zehnmal genauer als die übliche Methode mit lose gekoppeltem aperiodischen Detektorkreis. Als Nullinstrument konnten Kristalldetektor und Spiegelgalvanometer verwendet werden. Aus den bisherigen Messungen im Frequenzbereich 2500 bis 15 000 (entsprechend Wellenlängen zwischen 120 und 20 km) läßt sich schließen, daß lange Wellen auf $^1/_{10000}$ absolut gemessen werden können.

10. Verlustmessungen an Normalkondensatoren.

Eine große Anzahl von Prüfungsanträgen gab Veranlassung, mit der Brückenmethode von *Schering* den Verlustwinkel der viel benutzten, käuflichen Stöpsel- und Kurbel-Glimmerkondensatoren zu messen. Hiernach liegen die Verluste oft vorwiegend nicht im Glimmer, sondern in den Hartgummi-Isolationen der Kontakte. Bei technischen Luft-Drehkondensatoren war der Verlustwinkel bei der Frequenz 800 von der gleichen Größenordnung wie bei Glimmerkondensatoren (1′ bis 2′); die Verluste entstehen in den zum Aufbau verwendeten festen Dielektriken. Unabgeschützte Drehkondensatoren sind als Normalkondensatoren nur mit besonderer Vorsicht zu gebrauchen.

11. Hochfrequenzuntersuchungen mit der Braunschen Röhre.

Die Untersuchungen über Kurvenform und Phase der Schwingungen in fremderregten Röhrensendern haben die theoretischen Vorstellungen im allgemeinen bestätigt.

12. Leistungsmessungen.

Für die Messung des kleinen Eigenverbrauches der Spannungsspule und der Stromspule von Induktionszählern wurde eine Brückenmethode mit Vibrationsgalvanometer ausgebildet.

Um die Leistung in einem Vierleiterdrehstromnetz zu messen, brauchte man bisher drei Wattmeter; die Prüfung eines Zählers in einem solchen Netz bei schwankender Last, z. B. in einem Gehöft während des Dreschens, wird durch das Ablesen von *drei* hin und her zuckenden Zeigern sehr mühsam. Es wurde daher ein Meßverfahren mit einem Drehstromwattmeter in Verbindung mit drei Stromwandlern ausgebildet, wobei nur ein einziger Zeiger zu beobachten ist. Die Schaltung ist der von *Aron* angegebenen und bei den BDU-Zählern der *Bergmann-Elektrizitätswerke A.-G.* angewendeten nachgeahmt, die zur Voraussetzung hat, daß die Summe der drei Sternspannungen 0 ist. Die gegenseitige Beeinflussung der beiden Systeme läßt sich kompensieren, eine Korrektur für den Fall, daß die oben genannte Voraussetzung nicht erfüllt ist, mit dem gleichen Wattmeter experimentell ermitteln.

13. Der magnetische Spannungsmesser in Kompensationsschaltung.

Der von *Rogowski* und *Steinhaus* angegebene magnetische Spannungsmesser hat den Nachteil, daß die auftretenden sehr kleinen elektrischen Spannungen sich schwer direkt messen lassen. Die von *Schering und Engelhardt* gewählte Schaltung zur Messung gegenseitiger Induktivitäten (Kompensationsschaltung mit Vibrationsgalvanometer) wurde daher auf die Messungen mit dem magnetischen Spannungsmesser übertragen. Auf diese Weise konnten Bruchteile einer zehntel Amperewindung bestimmt werden. Das Verfahren wurde z. B. zur Messung des Magnetisierungsstroms von Stromwandlern angewendet.

14. Bestimmung der Phasenfolge in Drehstromsystemen.

Schaltet man einen Kondensator und zwei gleiche Glühlampen in Stern an ein Drehstromnetz, so erhält man den größten Helligkeitsunterschied der Lampen, wenn der Scheinwiderstand des Kondensators gleich dem Widerstandswert der parallel geschalteten Lampen ist. Dies führt bei gewöhnlichen Metallfadenlampen (110 V) zu Kapazitäten von etwa 10 μF, deren Verwendung hierfür ausgeschlossen ist. Es gelang dagegen mit kleinen Signallämpchen, wie sie in der Telephonie benutzt werden, unter Vorschaltung von Silitwiderständen von mehreren tausend Ohm, für Spannungen bis 400 V einen kleinen handlichen Apparat zu konstruieren, als dessen Kapazität ein kleiner Papierkondensator (2 × 3 × 5 cm) von 1 μF genügt. Je nach der Phasenfolge leuchtet die eine oder die andere Lampe auf.

15. Schutzerdung bei der dielektrischen Verlustmessung von Hochspannungskabeln.

Die in der Reichsanstalt ausgebildete Scheringsche Methode der Messung dielektrischer Verluste gestattet, Kabelstücke von wenigen Metern Länge zu untersuchen. Um den Einfluß der Enden, wo eine ungünstige Feldverteilung herrscht, auszuschalten, wurde eine Schutzringerdung angewandt, welche die Ströme an den Enden von der Messung ausschließt. Ein Einleiterkabel für 50 kV Drehspannung und ein Dreileiterkabel für 25 kV Drehspannung wurden hiermit systematisch untersucht.

16. Optische Methode zur Messung der Dicke der Ölschicht von Lagern und der Verlagerung rotierender Wellen.

Während die in der Reichsanstalt ausgebildete Rastermethode nur an Endlagern und nur im stationären Zustand verwendbar ist, gestattet ein neu gefundenes Verfahren bei jedem beliebigen Lager sowohl die Stellung der Welle im stationären Zustand zu messen, als auch die einzelnen Phasen der Verlagerung beim An- und Auslauf photographisch festzuhalten und noch Vorgänge zu unterscheiden, die sich in $^1/_{100}$ Sekunde abspielen. Die Methode beruht auf der Beobachtung von Beugungsstreifen, die durch tangential die Welle berührende Strahlen erzeugt und durch ein Mikroskop mit Okularschrauben ausgemessen werden. Die Methode scheint nicht nur für das Prüffeld, sondern auch für den Betrieb geeignet. Die Verlagerung der Wellen ist auf 1 μ genau meßbar.

17. Kippmoment von Synchronmaschinen.

Nach dem früher angegebenen Prinzip der optischen Ablesevorrichtung für Torsionsdynamometer wurde zunächst eine Methode zur Messung der Phasenverschiebung zwischen der elektro-

motorischen Kraft und der Klemmenspannung von Synchronmaschinen ausgearbeitet. An einer dreiphasigen Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen wurde dann das Drehmoment als Funktion dieser Verschiebung gemessen. Die Maximalamplitude der hierbei ermittelten sinusähnlichen Kurve stellt das Kippmoment dar. Bei weiterer Vergrößerung des Drehmoments fällt die Maschine außer Tritt. Die Versuche ergaben befriedigende Übereinstimmung mit der Theorie von *Arnold-Lacour*.

18. Verbesserung der magnetischen Meßeinrichtungen.

Die Einrichtung zur Verlustmessung mit Wechselstrom ist derart verbessert worden, daß bei den vorkommenden Induktionen (bis $B = 16\,000$) die Meßgenauigkeit auch für die besten hochlegierten Transformatorenbleche ausreicht.

19. Einfluß der chemischen Zusammensetzung und thermischen Behandlung auf die Magnetisierbarkeit von Eisenlegierungen.

Auf Wunsch der Reichsanstalt hat die Firma *Heraeus* in Hanau versucht, einige Legierungen aus reinstem Elektrolyteisen mit reinstem Si und Al im Vakuum zusammenzuschmelzen. Eine dieser Legierungen mit etwa 2,5 % Si ist untersucht worden und hat eine Koerzitivkraft von nur 0,095 Gauß und eine Remanenz von etwa 3000 CGS-Einheiten ergeben. Das Material ist daher wohl das beste bisher bekannte.

Die Versuche zur Herstellung eines verbesserten Magnetstahls sind mit Hilfe der Firma *Krupp* gefördert worden; zuletzt wurde ein Material erzielt, das bei gleich hoher Remanenz die dreifache Koerzitivkraft besitzt wie die besten W- und Cr-Stähle (210 gegen 70 Gauß) und somit für kurze gedrungene Stab- und Hufeisenmagnete besonders geeignet scheint.

20. Prüftätigkeit der Abteilung II.

Das Laboratorium für Grundeinheiten hat 281 Widerstände und Normalelemente geprüft, außerdem 35 für die elektrischen Prüfämter, 18 für die Reichsanstalt. Auf Wunsch der Aluminium-Kommission des Verbandes deutscher Elektrotechniker wurde außerdem von 42 Proben Aluminiumdraht verschiedener Herkunft in hartem und weichgeglühtem Zustand die elektrische Leitfähigkeit und ihr Temperaturkoeffizient gemessen.

Das Laboratorium für Wechselstromnormalien und Hochfrequenz erledigte die Prüfung von 248 Induktivitäten, Kapazitäten, Wellenmessern usw. (sowie 37 für die Anstalt selbst).

Im Gleichstromlaboratorium wurden 204 Prüfungen von Meßgeräten, Widerständen, Primärelementen und 14 Systemprüfungen von Gleich- und Wechselstromzählern ausgeführt (ferner 54 Prüfungen für die Anstalt).

Das Wechselstromlaboratorium prüfte 400 Meßgeräte, 16 Wechselstromgrößen, 200 Isolations- und Installationsmaterialien, 25 technische Apparate und 3 Meßwandlersysteme. 41 Hochspannungszähler-Aggregate wurden im Betrieb an Ort und Stelle untersucht.

Das Maschinenlaboratorium hatte 48 Maschinen, das magnetische Laboratorium 227 Eisen- und Dynamoblechsorten zu prüfen.

Die der Oberaufsicht der Reichsanstalt unterstellten sieben Prüfämter haben im Berichtsjahre 31 271 Zähler, 4471 andere Meßgeräte, 272 elektrische Gebrauchsgegenstände, Isolations- und Installationsmaterialien geprüft.

An den Arbeiten der Prüfstelle und der Unterausschüsse des Verbandes deutscher Elektrotechniker hat die Abteilung regen Anteil genommen.

C. Arbeiten der Abteilung III (Wärme u. Druck).

1. Zustandsgleichung der Gase.

Die Isothermen des Heliums bei 0°, 50° und 100° wurden bis 100 at zu Ende gemessen. Sie verlaufen im Beobachtungsbereich geradlinig. Die Messung der Isothermen des Stickstoffs wurde begonnen.

2. Gasthermometrische Messungen zwischen — 193 und — 258 °.

Die Messungen mit dem Heliumthermometer bei tiefen Temperaturen haben folgendes ergeben: a) Bei — 193 ° zeigt ein Heliumthermometer konstanter Dichte vom Eispunktsdruck $p_0 = 0{,}76$ m Hg um $0{,}04 \pm 0{,}02$ ° höher als ein gleichartiges Wasserstoffthermometer. b) In der Nähe des Kondensationspunktes sind die Abweichungen des Stickstoff- und Argonthermometers von der thermodynamischen Skala zwei- bis dreimal geringer als nach der Zustandsgleichung von *Clausius-Berthelot*. c) Wasserstoff siedet unter normalem Druck bei — 252,80 °. d) Eine Formel für Platinwiderstandsthermometer in den der Messung zugänglichen Bereichen von — 192 ° bis — 210 ° und von — 253 ° bis — 257 ° konnte aufgestellt werden.

3. Sättigungsdruck des Sauerstoffs.

Der Sättigungsdruck von Sauerstoff wurde zwischen — 182 ° und — 195 ° bestimmt; er nimmt in diesem Bereich von 846,0 auf 177,0 mm Hg ab. Der normale Siedepunkt des Sauerstoffs liegt hiernach bei — 183,03 °. Die Beobachtungen werden unterhalb — 195 ° fortgesetzt.

4. Vergleich der Temperaturskala der Reichsanstalt mit der thermodynamischen Skala zwischen 0 und 100 °.

Der Vergleich von drei Platinwiderstandsthermometern mit einem Heliumthermometer ergab, daß die nach den Vorschriften der Reichsanstalt geeichten Widerstandsthermometer aus reinem Platin zwischen 0 und 100 ° um weniger als 0,01 ° von der thermodynamischen Skala abweichen.

5. Gesetzliche Festsetzung der Temperaturskala und der Wärmeeinheit.

Der deutsche Verband technisch-wissenschaftlicher Vereine und der Normenausschuß der deutschen Industrie haben angeregt, die thermischen Maßeinheiten gesetzlich festzulegen. Auf die Aufforderung des Reichsministeriums des Innern wurde ein Gesetzentwurf ausgearbeitet, in dem als gesetzliche Temperaturskala die thermodynamische festgesetzt wird, und zwar in derjenigen Verwirklichung, welche die Reichsanstalt der Eichung der Thermometer zugrunde legt. Als gesetzliche Einheiten der Wärmemenge wurden die Kilokalorie (15°-Kilokalorie) und die Kilowattstunde gewählt; die letztere ist 860 Kilokalorien gleich zu erachten.

6. Zahlenwert der Gaskonstanten.

Unter Berücksichtigung grundlegender Messungen der Reichsanstalt wurden die folgenden Werte der Gaskonstante neu berechnet, die als Richtwerte empfohlen werden:

$R = 0{,}08204 \pm 0{,}00003$ Liter-Atmosphären/Grad. ol
$R = (8{,}313 \pm 0{,}003) \cdot 10^7$ Erg /Grad · Mol.
$R = 1{,}986 \pm 0{,}001$ cal_{15}/Grad. Mol.

7. Normalwerte für die Verbrennungswärme.

Eine an die Reichsanstalt gerichtete Anfrage führte zu einer kritischen Bearbeitung des vorliegenden Beobachtungsmaterials für die Verbrennungswärme von Stoffen, die zur Eichung von Verbrennungskalorimetern dienen. Hiernach ist die Verbrennungswärme von

Benzoesäure	6320 cal_{15}/g	= 26 444	Joule/g,
Naphthalin	9617 „	= 40 239	„
Rohrzucker	3949 „	= 16 523	„

8. Temperaturkoeffizient des elektrischen Widerstands reiner Metalle.

Zwischen 0 und 100° wurde der Widerstandstemperaturkoeffizient von sehr reinem Nickel und Kobalt (pulverförmig von der Firma *Kahlbaum* geliefert und im Vakuum geschmolzen) gemessen; er beträgt 0,0067 und mehr und übertrifft somit den aller anderen Metalle außer von sehr reinem Eisen. Aluminium mit 0,1 % Verunreinigung ergab den Koeffizienten 0,0044, der nicht größer war als der Koeffizient des Ausgangsmaterials von 0,4 % Verunreinigung.

9. Diffuses Reflexionsvermögen.

Früher war nach einer Rohrmethode als diffuses Reflexionsvermögen von Magnesia $R = 0{,}955$ gefunden worden, wobei angenommen war, daß die Reflexion ideal diffus erfolge. Weitere Versuche, bei denen mittels einer Linse das Bild eines glühenden Wolframstreifens auf einem Magnesiumschirm entworfen und die Helligkeit des Bildes mit dem Mikropyrometer abhängig vom Ausfallswinkel ϑ gemessen wurde, haben ergeben, daß das Reflexionsvermögen bis $\vartheta = 15°$ nur um 1 % abnimmt, bei $\vartheta = 90°$ aber bei rotem Licht nur 58 %, bei grünem nur 62 % des Reflexionsvermögens für $\vartheta = 0°$ beträgt. Der Absolutwert des Reflexionsvermögens wurde nach einer besonderen photometrischen Methode gemessen. Es ergab sich schließlich als Mittelwert $R = 0{,}942$ für rotes, $R = 0{,}969$ für grünes Licht in guter Übereinstimmung mit dem nach der Rohrmethode gefundenen Wert.

10. Druckabfall von Gasen und Flüssigkeiten beim Strömen durch Rohre.

In der Veröffentlichung über die Druckabfallversuche wird vorgeschlagen, Meßgeräte für große Gasströme, z. B. Düsen, statt mit großen Gasbehältern, die Schwierigkeiten bieten, mit entsprechend weiten Rohren zu eichen. Mit einem Messingrohr von 10 cm lichter Weite und 7 m Länge, wovon 5 m als Beruhigungsstrecke am Einlauf, 1 m als Meßstrecke dienen würden, könnte z. B., wenn man 40 cm Wassersäule als Druckabfall pro m Rohrlänge zuließe, eine Luftmenge von etwa 7800 cbm/h ermittelt werden. Die Konstanten der Druckabfallgleichung könnten an einem solchen Rohr mit einem Wasserstrom von etwa 30 kg/s nochmals bestimmt werden. Mit den in der Reichsanstalt ermittelten Werten dieser Konstanten dürften aber schon genauere Messungen großer Gasmengen möglich sein als nach irgendeinem anderen der üblichen Verfahren.

11. Wärmeleitvermögen von Flüssigkeiten und festen Stoffen.

Nach der an Wasser zuerst erprobten Methode wurde das Wärmeleitvermögen von Toluol gemessen und bei 19,6° zu 0,000 443 $cal \cdot cm^{-1} \cdot s^{-1} \cdot Grad^{-1}$ gefunden, also wesentlich höher, als man bisher annahm. Die Messungen werden bei der Temperatur — 80° fortgesetzt.

Mit dem gleichen Apparat kann das Wärmeleitvermögen dünner kreisförmiger Platten von 117 mm Durchmesser aus schlecht leitenden Stoffen bestimmt werden.

Der Apparat wurde ferner zur Messung an Metallkörpern (Zylinder von 150 mm Länge und 117 mm Durchmesser) benutzt. Untersucht wurden damit bisher 6 Aluminiumlegierungen, darunter die neue Leichtlegierung Silumin, 99prozentiges Aluminium und 30prozentiger Kruppscher Nickelstahl. Bei sämtlichen Proben war zwischen 30 und 70° der Temperaturkoeffizient des Wärmeleitvermögens positiv.

12. Spezifische Wärme der Gase bei hohen Drucken.

Zur Bestimmung der spezifischen Wärme der Kohlensäure wurde ein neues Kalorimeter gebaut, bestehend aus einem 2 m langen, innen und außen elektrisch geheizten Rohr aus 30-prozentigem Nickelstahl, dessen Bezug die Firma *Krupp* der Reichsanstalt ermöglichte. Durch die zylindrische Anordnung sollen die Wärmeverluste

leichter berechenbar, durch die Verwendung des schlecht leitenden Nickelstahls sollen sie herabgesetzt werden. Die das Kalorimeter durchströmende Kohlensäuremenge soll aus dem Druckabfall in einem Messingrohr (s. Abschn. 10) gemessen werden. Ein Teil der Rohrleitungen wurde von der AEG-Turbinenfabrik und von der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen zur Verfügung gestellt.

13. Prüfungszwang für Fieberthermometer.

Das Gesetz über die Prüfung und Beglaubigung der Fieberthermometer ist in Kraft getreten. Seine Durchführung liegt der Reichsanstalt ob, die hierfür eine besondere Prüfungsstelle eingerichtet hat. Weitere Prüfungsstellen unter der technischen Aufsicht der Reichsanstalt sind das Staatsprüfamt für Glasgeräte in Ilmenau, die Staatsprüfungsanstalt für Glasgeräte in Gehlberg und das anhaltische Staatsprüfamt für Fieberthermometer in Zerbst. Diese sind durch Gesetz verpflichtet, 10 % ihrer Eingänge der Reichsanstalt zur Erledigung zu übergeben.

14. Prüftätigkeit der Abteilung III.

Es wurden untersucht 6658 nichtärztliche Ausdehnungsthermometer, darunter 97 Tiefseethermometer, die auf Druck bis 600 at zu prüfen waren, 3057 hochgradige Thermometer, zum Teil bis zu Temperaturen von 750 °, und 72 tiefgradige Thermometer, wovon 35 bis zu Temperaturen von —190 °. Die Prüfstelle für Fieberthermometer erledigte 141 839 Fieberthermometer; sie war am Ende des Jahres bereits imstande, 2000 Thermometer pro Tag zu prüfen. Die anderen im Abschnitt *13* genannten Prüfstellen erledigten 2 354 331 Fieberthermometer und 3005 nichtärztliche Thermometer.

Ferner wurden im Berichtsjahr 316 elektrische und optische Thermometer, 47 Druckmeßgeräte, 647 Apparate zur Erdöluntersuchung und 573 andere Gegenstände geprüft.

D. Arbeiten des chemischen und des präzisionsmechanischen Laboratoriums.

1. Glasuntersuchungen.

Die Eosinprobe wurde neuerdings auch an rauh geschliffenen Stellen vorgenommen; dabei sind die kolorimetrischen Effekte wenigstens sechsmal so groß als an glatten Bruchflächen. Eine rauh geschliffene Stelle von 2 qcm genügt zur Ausführung der Adsorptionsreaktion.

Das alkalimetrische Prinzip der Prüfung hat sich zur Beurteilung der chemischen Eigenschaften technischer Glasgeräte als sehr brauchbar erwiesen, besonders bei Arten von mittlerer Angreifbarkeit. Soweit die in wässerige Lösungen gehenden sauren Glasbestandteile nicht vernachlässigbar sind, bedarf es einer Ergänzung durch gravimetrische Bestimmungen, für die einige Meßbeispiele mitgeteilt sind.

Für die Technik wurden 28 Glasarten geprüft.

2. Aluminium.

Die Frage, inwieweit die thermische Salzsäureprobe ein Maß abgibt für die allgemeine chemische Angreifbarkeit von technischem Aluminium, wurde gründlich studiert. Dem Reaktionsrohr wurde stets die gleiche Form und Größe gegeben; die Oberfläche der Aluminiumprobe soll stets 2000 qmm betragen.

Die oxydhaltige „Deckschicht" ist vor dem Versuch abzubeizen und der „Metallkern" dann unmittelbar dem Angriff der Säure auszusetzen. Die Versuche ergaben folgendes:

a) Die verschiedenen Aluminiumsorten können durch eine besondere Reaktionszahl, nämlich durch die mittlere Temperaturzunahme pro Minute $R = \frac{t-20}{m}$ charakterisiert werden. Dabei bedeutet 20 die Anfangs-, t die Höchsttemperatur, m die Minutenzahl. Für technisches Reinaluminium war $R = 4$ bis 10, bei dem eisenfreien Al V nur 0,03.

b) Die Strukturveränderung durch Rekristallisation bei starkem Erhitzen beschleunigt die Reaktion, die „Deckschicht" verzögert sie.

c) Die ursprüngliche Deckschicht läßt sich wesentlich verstärken; es gelang auch bei technischem Aluminium, R durch Formieren mit Gleichstrom bis auf 0,20 herabzudrücken.

3. Untersuchung volumenbeständiger Stähle.

Auf Antrag einer großen oberschlesischen Hütte ist mit Versuchen an 13 Stahlsorten begonnen worden, die ungehärtet und gehärtet auf Volumen, Dichte und Wärmeausdehnung, auf zeitliche Längenänderungen nach der Härtung und auf den Einfluß der üblichen künstlichen Alterung untersucht werden.

4. Neue Feinmeßgeräte.

Zur Prüfung des Verjüngungsverhältnisses von Morsekonen wurde ein besonderer Apparat hergestellt. Die Messungen zeigten, daß die für die Morsekonen bisher angenommenen Genauigkeitsgrenzen nicht erreichbar sind. Zur Messung des Flankendurchmessers von Gewinden wurden zwei Versuchsgeräte gebaut. Gewinde bis 40 mm Durchmesser können hiermit auf ± 0,002 mm gemessen werden; an verschiedenen Stellen eines und desselben Normalgewindes sind jedoch Abweichungen von ± 0,01 mm die Regel. Ein Apparat für Gewinde bis 200 mm Durchmesser ist nahezu vollendet.

5. Prüftätigkeit des präzisionsmechanischen Laboratoriums.

Im Berichtsjahr wurden 1176 Gegenstände geprüft, darunter 744 Endmaße, 81 Leitspindeln, 77 Normalgewinde, 98 Stimmgabeln, 107 Blutmischpipetten. Für die Prüfung von Hämacytometern (Blutkörperchen-Zählapparate) und den zugehörigen Mischpipetten hat sich die Reichsanstalt auf Antrag einer Anzahl großer deutscher Mikroskopfirmen eigens eingerichtet.

Der Jahresbedarf an geprüften Instrumenten war zu 2000 bis 3000 Stück angegeben worden.

Ferner wurde die Wärmeausdehnung von 10 Materialproben gemessen und eine Anzahl kleinerer Einzelprüfungen vorgenommen.

E. Veröffentlichungen der Reichsanstalt.

Ein Anhang zum Tätigkeitsbericht enthält ein Verzeichnis von 111 durch die wissenschaftlichen Beamten der Reichsanstalt im Berichtsjahr veröffentlichten Untersuchungen.

Max Jakob, Berlin.

Besprechungen.

Goldschmidt, Richard, Ascaris. Eine Einführung in die Wissenschaft vom Leben für Jedermann. Leipzig. Theod. Thomas, 1922. 296 S. und 163 Abbildungen. Preis geh. M. 66,—; geb. M. 78,—.

Es ist eine allgemeine Wahrheit, daß die Schönliteratur der beste Waffengefährte der Geisteswissenschaften ist. Sie trägt in ihrer leichteren Sprache die Errungenschaften der Philosophie, Theologie, Geschichte, wie auch die der Politik und Soziologie in die breite Öffentlichkeit hinein und sorgt dafür, daß die Gedanken streng wissenschaftlicher Geister zu einem lebendigen Bestandteil des alltäglichen Lebens werden. Die Naturwissenschaften haben diese innige und ungezwungene Beziehung zu der Schönliteratur bisher noch nicht gefunden. Wir haben zwar eine ausgedehnte und mannigfaltige Sammlung guter populärnaturwissenschaftlicher Werke, diese bedeuten aber aus literaturgeschichtlichem Gesichtspunkt betrachtet nicht viel mehr als die Chroniken des frühen Mittelalters für die Geisteswissenschaften. Sie geben mehr oder minder getreu in volkstümlicher Sprache die Tatsachen wieder, ohne den wahren Geist, die Tiefen der Probleme, die Ausblicke auf die Gesamtheit, das ständige Pulsieren und Fließen des naturwissenschaftlichen Lebens richtig wiedergeben zu können. Die heutige Generation, besonders die jetzt heranwachsende Jugend braucht aber Werke, die für ihre naturwissenschaftliche Kultur dieselbe Bedeutung haben sollten, wie die großen dichterischen Schöpfungen für ihre historische oder ästhetische Bildung haben. Das Tatsachenmaterial aller bisherigen guten populär-naturwissenschaftlichen Schriften — da sie nichts anderes als mehr unterhaltende Lehrbücher sind — bleibt lediglich am Gedächtnis haften und hat weder die Kraft noch den Schwung, die Seele zu durchdringen. — Solche Gedanken regt das Buch von *Goldschmidt* an, und nichts ist für diese „Biologie für Jedermann" charakteristischer, als daß sie eben zu diesen Gedanken führt. Mit einer ganz eigenartigen Subjektivität wird das Gesamtbild der Biologie vor unseren Augen dargestellt; aus einem fein und artistisch gewobenen Gespinst von Fragen und Antworten treten die Grundlagen unseres heutigen biologischen Wissens klar hervor. Doch nicht bloß das Tatsachenmaterial wird in einer überaus anziehenden Art geboten; was dieses Werk von allen ähnlichen früheren unterscheidet, was ihm eine besondere literaturgeschichtliche Prägung verleiht, ist eben der Umstand, daß es hier zum ersten Mal gelungen ist, hinter den Tatsachen auch das innerste Wesen des biologischen Forschens: die endlose Kette ineinandergreifender Fragen, die Beziehungen des einfachsten Naturobjektes zu den höchsten Problemen des menschlichen Denkens richtig und lebendig fühlen zu lassen. Und das alles ohne Lobgesänge auf die Naturwissenschaften, auch ohne die Aufführung eines naturwissenschaftlichen Kabinetts!

Ein Wurm, die Ascaris, liegt vor uns auf dem Seziertisch, und hinter ihm, wie aus einem Laboratoriumsfenster, erblicken wir die bunten Bilder der lebendigen Natur auf den deutschen Wiesen, in den Gebirgen Japans, an den sonnigen Küsten des Mittelmeeres oder in den unheimlichen Tiefen der Ozeane. Dieses Buch ist das Werk eines Forschers, eines Denkers und eines Künstlers. Der Forscher gab die Erfahrungen, die ganze Fülle des wissenschaftlichen Materials (Form, Farbe, Anpassung. Leben und Zweckmäßigkeit. Haut, Atmung. Lymphe, Muskeln, Bewegung. Nerven und Sinnesorgane. Gehör und Gleichgewichtsinn, das zentrale Nervensystem. Erwerb der Nahrung. Verdauung, Stoffwechsel, Ausscheidung. Geschlecht, Fortpflanzung, Befruchtung. Kern, Chromosomen, Geschlechtsbestimmung. Mendelsche Gesetze und Vererbungslehre. Entwicklungsgeschichte). Der Denker füllte diesen Stoff mit dem Geist eines Gelehrten, den die Natur zur Geduld und nicht zur Ungeduld erzogen hat, der die überwältigende Größe des Naturgeschehens so innerlich empfindet, daß er sich scheut, sie als durchmessen und erobert seinen Lesern hinzustellen. Auch er hebt mit vollem Recht die Fortschritte der positiven naturwissenschaftlichen Forschungen hervor; doch manchmal klingt auch ganz leise der Ton einer leichten Ironie und eines milden Skeptizismus durch. Seine Stimme erinnert stellenweise an die eines Vaters, der seinen Kindern erzählt, stellenweise an die eines gewandten Causeur, der im Freundenkreise über seine Erlebnisse und Erfahrungen berichtet. Nichts ist in ihm von dem Parteiführer, der seiner Richtung Parteigänger anzuwerben strebt. Er hat seine Weltanschauung, er will sie aber niemandem aufzwingen. Der Künstler fand endlich den glücklichen Rahmen, in dem der wissenschaftliche Inhalt Natürlichkeit, Lebendigkeit und Einheit gewinnt. Er schuf den Stil, der in einer wunderbar einfachen, für jedermann verständlichen Sprache selbst die verwickeltsten biologischen Vorgänge und Definitionen leicht und doch präzis darzustellen verstand. Auch die Fachmänner des biologischen Unterrichts werden gewiß manche der glücklichen Ausdrücke, der geschickt angebrachten Beispiele und der recht gelungenen Originalabbildungen übernehmen können. Die richtige durchgreifende Wirkung wird das Buch aber ohne Zweifel bei denen erreichen, für die es geschrieben worden ist: bei der Jugend und in den Kreisen der biologisch interessierten Bürger und Arbeiter. Diese werden die Harmonie des Buches voll auf sich wirken lassen; und indem sie feste Grundlagen für ihr naturwissenschaftliches Denken gewinnen, werden sie wohl empfinden, daß sie neben Fachkenntnissen auch den höchsten Inhalt aller Wissenschaften: Wahrheit und Klarheit erhalten. Die gute Ausstattung, die reichlich beigefügten instruktiven Abbildungen werden sicherlich zu dem Erfolg auch ihren Teil beitragen.

Péterfi, Berlin-Dahlem.

Ferdinand Bruns, Die Zeichenkunde im Dienst der beschreibenden Naturwissenschaften. Jena, Gustav Fischer, 1922. VII, 100 S., 6 Abbild. und 44 Tafeln. Preis geh. M. 90,—; geb. M. 115,—.

Naturwissenschaftliche Beobachtung, Sammeln, Mikroskopieren, Beobachtung des Raumes mit dem Fernrohr ist, durch vortreffliche Anleitungen und Zeit-

schriften volkstümlich gemacht, eine mehr und mehr sich ausbreitende Beschäftigung in den freien Stunden des arbeitsamen Berufsmenschen geworden. Das Geschene in künstlerischer Form festzuhalten, ist vielen Bedürfnis, doch ist die Fähigkeit, den Zeichenstift zu führen, nur wenigen durch Anlage und Begabung gegeben. Die eindringlichsten Lehrer der Naturwissenschaften haben schon immer das größte Gewicht darauf gelegt, ihre Schüler zum Zeichnen des Geschenen, und sei es auch in der primitivsten Form, anzuhalten. Denn wie jeder Mensch schreiben lernt, so kann auch jeder Mensch *lernen*, das, was er sieht, in erkennbarer Form mit dem Zeichenstift darzustellen. Das Buch von *Bruns* hat ein Bedürfnis für alle die ausgefüllt, welche das Bestreben haben, ihre eigenen Beobachtungen im Bilde festzuhalten, und die aus sich selbst heraus nicht recht wissen, wie dies anzufangen sei. Das Zeichenbuch ist die schönste Erinnerung an gehabte Augenfreuden. Wie *Ruskin* in seinen Elementen des Zeichnens gar keine Voraussetzungen als Fleiß macht für den, der zeichnen lernen will, aber keine Anlage und keine Geschicklichkeit verlangt, so lehrt *Bruns* vom einfachsten, für einen jeden Ausführbaren ausgehend, das Zeichnen naturwissenschaftlicher Gegenstände. Das naturwissenschaftliche Zeichnen kann gelernt werden. *Bruns* sagt mit Recht, daß die Fehlerquellen in der Darstellung nicht in Unschärfe des Auges oder Ungeschicklichkeit der Hand, sondern in der mangelnden Fähigkeit liegen, von den Sinneseindrücken klare Vorstellungen zu bilden und sie miteinander zu vereinigen. Diese Fähigkeit zu lehren, bemüht sich in diesem vortrefflichen, Schritt für Schritt vorwärtsgehenden Werke ein naturwissenschaftlich und künstlerisch hochgebildeter Zeichner. Die mit einfachsten Mitteln dargebotenen, vom Verf. selbst gezeichneten Tafeln lehren, mehr noch als die wörtliche Ausführung, die Methoden der Schwarzweißdarstellung gesehener Flächen und Körper.

Bruns beginnt mit der Darstellung primitiver Zeichnungen. Diese Zeichnungen sind aus dem Gedächtnis, nicht nach dem Vorbild hergestellt, dasjenige, was den Zeichner am meisten bewegt, das Wild für den Jäger der Urzeit, das Renntier für den Lappen, die Bewegungen beim Spiel für den Eskimo, erscheinen am naturwahrsten. Diese uns so sehr natürlich erscheinenden Darstellungen gehen bei höherer Kultur in stilisierte Bilder über, welche in Andeutungen auch heute noch, namentlich in der Kartographie und vielen anderen graphischen Abbildungen zu finden sind. Diese Zeichnungen aus dem Gedächtnis finden im Modell nur eine Unterstützung für das Gedächtnis, im übrigen sind Lage und Raumverhältnisse konventionell. Die Zeichnung nach ebenen Gebilden ist bei der Darstellung naturwissenschaftlicher Gegenstände der Anfang und muß vom einfachsten ausgehen. Beschreibungen sind hierbei gefährlich, weil die Zeichnung sich hierbei zu sehr dem Schema, der typischen Form, anlehnen würde. Auch Kopieren fertiger Zeichnungen ist gefährlich, durch das Kopieren kann man so wenig zeichnen lernen, wie ein Analphabet durch Abmalen eines Schriftstückes schreiben lernt. In klarer Form lehrt *Bruns* die Darstellung ebener Gebilde, den Kontur, die Flächendeckung, die Auswahl wichtiger und Auslassung nebensächlicher Punkte. Dann geht er zu schwereren Dingen über, zum Projizieren, zur Auffassung sich überschneidender, gedrehter und gewundener Achsengebilde, zur Perspektive, der Spiegelung und zu all den kleinen und größeren Hilfsmitteln, welche für die Darstellung von Wichtigkeit sind. Er bespricht die Reproduktionsverfahren und die Technik, die für sie so verschieden ist, die Schwarzweißzeichnung, die Schattierung, das Silhouettenzeichnen, das mikroskopische Zeichnen, die Anordnung mehrerer Gegenstände auf einem Blatt unter Berücksichtigung ästhetischer Gesichtspunkte, wobei sogar die Beschriftung in künstlerischer Form nicht aus den Augen gelassen wird. Wer sich im Zeichnen versucht, wird hier von leichten bis zu den schwierigsten Aufgaben schrittweise fortgeführt, und auch schon der recht kundige Autodidakt wird in diesem Werk die wertvollsten Hilfen kennen lernen und namentlich vieles erleichtert finden, was ihm Mühe bereitete oder noch nicht gelang, weil er nicht wußte, wie er der technischen Schwierigkeit Meister werden sollte. Eine Reihe von Tafeln aus alten und neueren naturwissenschaftlichen Bilderwerken der berühmtesten Autoren, *Leeuwenhoek, Swammerdam, Malpighi, Haeckel*, um nur die bekanntesten zu nennen, und vielen anderen, zeigt, wie die vom Verf. dargelegten Methoden schon seit Jahrhunderten angewandt worden sind. Das Buch wird vielen Freude machen und einen Leitfaden für die eigenen Kunstübungen darstellen. *F. Pinkus, Berlin.*

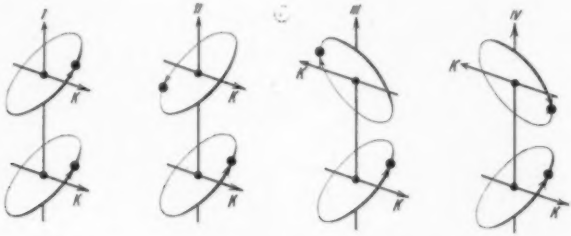
Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Über das Modell der Wasserstoffmolekel.

Im 23. Heft des laufenden Jahrganges dieser Zeitschrift hat Herr *A. Eucken* das Problem der Wasserstoffmolekel wieder aufgenommen, das seit dem deutlichen Versagen des sogenannten Bohr-Debyeschen Modells gegenüber der Dissoziationswärme nur wenig diskutiert worden ist; er schlägt ein neues Modell vor, bei dem die Elektronen zwischen den Kernen nahezu geradlinig pendeln und nur darum mit den Kernen nicht zusammenstoßen, weil diese um ihren Schwerpunkt rotieren. Dieser Ausweg aus den Schwierigkeiten ist sehr geistreich und scheint vielversprechend; auch lassen sich, wie Herr *Eucken* ausführt, Gründe dafür angeben, daß die Molekel stets, auch beim absoluten Nullpunkt, rotiert.

Ich bin aber der Meinung, daß sich dieser Vorschlag nicht aufrecht erhalten läßt, weil er den Prinzipien der Quantentheorie widerspricht; diese sind inzwischen von *Bohr* und anderen in so vielen Fällen erfolgreich angewandt worden, daß man nicht ohne die zwingendsten Gründe davon abgehen wird. Die Zeit, wo es der Phantasie des Forschers freistand, Atom- und Molekelmodelle nach Willkür zu ersinnen, ist wohl vorüber; man ist vielmehr jetzt in der Lage, durch Anwendung der Quantenregeln mit einer gewissen, wenn auch noch keineswegs vollständigen Sicherheit die Modelle zu konstruieren. Für den Aufbau der Wasserstoffmolekel kommt in erster Linie das Adiabatenprinzip in Betracht. Man denke sich zwei in irgendwelcher Orientierung im Raume befindliche normale, einquantige Wasserstoffatome; sodann stelle man sich vor, daß die Kerne langsam einander genähert werden, bis eine merkliche Wechselwirkung der beiden Atome eintritt. In diesem Augenblick liegt ein locker gekoppeltes System vor, und es macht keine Schwierigkeiten, die Wechselwirkung mit den Methoden der Störungstheorie zu berechnen. Sehr bequem ist hierzu ein Näherungsverfahren der Himmelsmechanik; das Herr *W. Pauli jun.* und ich für die Zwecke der Quantentheorie eingerichtet haben (Z. f. Phys. *10*, S. 137, 1922). Man muß nun vor allem beachten, daß das System der beiden

H-Atome *ausgeartet* ist; die Winkelgeschwindigkeiten der beiden Elektronen um ihre Kerne sind ja einander gleich. Man darf daher nicht mehr die Wirkungsintegrale der einzelnen Atome J_1 und J_2, die zu den Umlaufswinkeln w_1 und w_2 kanonisch konjugiert sind, einzeln quanteln, sondern muß zu neuen kanonischen Variabeln übergehen, nämlich $w = w_1$, $w' = w_1 - w_2$ mit den entsprechenden Impulsen $J = J_1 + J_2$, $J' = J_2$. Sodann hat w' für das unendlich locker gekoppelte System die mittlere Bewegung Null, und man hat auf diese Variable die Methode der säkularen Störungen anzuwenden. Ähnliche Überlegungen gelten für die andern Paare von Winkelvariabeln und Impulsen. Man kann nun leicht einsehen, daß es nur 4 Typen von Bahnen mit einfachen Periodizitätseigenschaften gibt.[1]) Bei diesen bilden die Bahnnormalen der beiden Atome gleiche Winkel i mit der Verbindungslinie der Kerne, und es ist $\cos i = \frac{P}{J}$ wo P den gesamten Impuls um diese Linie und J die oben eingeführte Quantensumme bedeutet. Die vier Bahntypen unterscheiden sich dadurch, daß die positive Richtung der Knotenlinie K (Schnittlinie der Bahnebene mit der zur Achse senkrechten Ebene, positiv am aufsteigenden Knoten) in beiden Atomen gleich oder entgegengesetzt sein kann und daß die Elektronen an entsprechenden oder gegenüberliegenden Stellen der Bahnen stehen können. (S. Fig.)



Es ist anschaulich klar, und man rechnet auch leicht nach, daß nur einer der vier Fälle stabil ist, nämlich der, wo die Knotenlinien entgegengesetzt sind, die Elektronen aber an homologen Stellen stehen (Fall III). Weiter sind nur noch drei Möglichkeiten vorhanden. Die Quantensumme J ist nämlich nach dem Adiabatenprinzip gleich $2h$ zu setzen, weil für die einquantigen Atome $J_1 = J_2 = h$ gilt. Sodann bleiben für den Impuls um die Kernachse nur die drei Werte $P = 0$, h, $2h$, die den Bahnstellungen $\cos i = 0$, $\frac{1}{2}$, 1 entsprechen. Im ersten Falle hat man das von *Lenz* vorgeschlagene Modell, wo beide Elektronen dauernd in einer Meridianebene durch die Kernachse laufen; der letzte Fall führt bei hinreichender Annäherung der Kerne auf das Bohr-Debyesche Modell, wo beide Elektronen in derselben, senkrecht auf der Kernachse stehenden Ebene laufen. Ersteres System ist wahrscheinlich, letzteres sicher mechanisch nicht stabil und darum von *Bohr* selbst längst aufgegeben. Es bleibt also nur der Fall $P = h$, $\cos i = \frac{1}{2}$, $i = 60°$; ich hoffe zeigen zu können, daß dieser stabil ist. Nimmt man an, daß das für großen Kernabstand konstruierte Modell bei Annäherung der Kerne im großen und ganzen erhalten bleibt, so empfiehlt sich die Konfiguration III durch mehrere erwünschte Eigenschaften: Das Gleichgewicht der Kerne tritt nach unseren Kenntnissen über das Trägheitsmoment bei einem Abstand ein, der von der Größenordnung des Radius des normalen H-Atoms ist; dann kommt aber das Elektron eines Atoms dem Kern des andern sehr nahe, und es ist zu erwarten, daß die Dissoziationsenergie größer ausfällt als bei dem Bohr-Debyeschen Modell. Ferner hat *Bohr* bei seinen Atomuntersuchungen erfolgreich das Prinzip angewandt, daß diejenigen Bahnen nicht vorkommen, deren Ebenen zusammenfallen, und daß von den übrigen die mit kleinstem Moment dem Normalzustand entspricht. Diese Regel führt in unserem Falle gerade auf das Modell $P = h$, $i = 60°$. Endlich gelangt man, wenn man die Kerne allmählich zusammenrücken läßt, gerade zu dem Modell des Parheliums im Normalzustand, das neuerdings von *Bohr* angegeben worden ist und aus vielen Gründen als die wahrscheinlichste Konfiguration des Heliums gelten muß.

Ich glaube daher, daß man so lange das hier aus den Prinzipien der Quantentheorie abgeleitete Modell als das wahrscheinlich richtige ansehen muß, als nicht etwa die genaue Durchrechnung Widersprüche mit der Erfahrung ergibt. Das von *Eucken* vorgeschlagene Modell aber widerspricht der Forderung, daß die Molekel aus den Atomen auf adiabatischem Wege herstellbar sein muß und ist daher wohl abzulehnen.

Göttingen, 27. Juni 1922.

M. Born.

[1]) Der kleinste Wert, den das Wirkungsintegral J' der ausgearteten Winkelvariabeln w' annehmen kann, ist Null; indem man J' auf Grund der säkularen Störungen berechnet, erkennt man, daß aus $J' = 0$ sogleich $w' =$ konst. folgt, und die Bewegungsgleichungen lassen dann nur die Werte $w' = 0$ und $w' = \pi$ zu. *Es stellen sich also von selbst Phasenbeziehungen zwischen den Elektronen der beiden Atome her.* Dasselbe muß in allen Fällen gelten, wo mehrere *gleiche* Atome zu einem Molekel- oder Kristallverband zusammentreten. Dieses Ergebnis erscheint mir sehr wichtig. *A. Landé* hat bereits vor einiger Zeit (Z. f. Phys. *4*, S. 410; *6*, S. 10, 1921) ein Diamantmodell durchgerechnet, bei dem die einander entsprechenden Elektronen aller Atome sich nicht nur in äquivalenten Bahnen, sondern auch in gleicher Phase bewegten. Diese Annahme des Atomsynchronismus scheint sich also auf die Prinzipien der Quantentheorie stützen zu lassen.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW.